

INK JET HEAD AND MANUFACTURE THEREOF

Patent Number: JP8309980
Publication date: 1996-11-26
Inventor(s): HIRATA SUSUMU;; MATOBA KOJI;; INUI TETSUYA;; ISHII YORISHIGE;; ABE SHINGO;; KIMURA MASAHARU;; HORINAKA MASARU;; ONDA YUTAKA
Applicant(s): SHARP CORP
Requested Patent: ☐ JP8309980
Application Number: JP19950118529 19950517
Priority Number (s):
IPC Classification: B41J2/045; B41J2/055; B41J2/16
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To enhance response characteristics by heating/cooling to enable high speed printing by forming a plurality of fins alternately combined on the side of the substrate of a buckling structure and on the side of the buckling structure of the substrate and always opposing the fins each other at a narrow interval at least on the single side of them.

CONSTITUTION: When voltage is applied to an electrode 14a, a buckling structure 1 is heated by the resistance heating of a heater 3 to extend in its longitudinal direction. However, since the end part in the longitudinal direction of the structure 1 is fixed to a substrate 7 and the structure 1 can not extend, compression force Po being reaction force is generated and accumulated in the structure 1 and, when the compression force Po exceeds buckling load, the structure 1 generates buckling deformation. When the structure 1 is deformed toward a nozzle plate 10 at its central part, the diaphragm 5 connected to the structure 1 is deformed toward the plate 10. Therefore, ink 17 is pushed out of a nozzle 11 and an ink droplet is formed to the outside of an ink jet head and injected to apply printing to a printing surface. Next, a current is cut off and the structure 1 is cooled to return a standby state.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-309980

(43)公開日 平成8年(1996)11月26日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 4 1 J	2/045		B 4 1 J	3/04
	2/055			1 0 3 A
	2/16			1 0 3 H

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平7-118529

(22)出願日 平成7年(1995)5月17日

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 平田 進

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(72)発明者 的場 宏次

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(72)発明者 乾 哲也

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(74)代理人 弁理士 梅田 勝

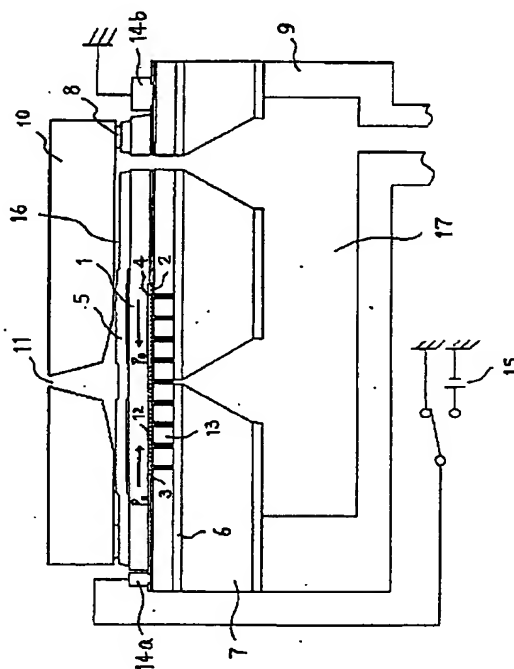
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 インクジェットヘッド及びその製造方法

(57)【要約】

【目的】 加熱及び冷却による良好な応答特性を有し、高速印字に適したインクジェットヘッドを提供する。また、小さな寸法を維持したまま大きな吐出力を得ることのできる寿命の長いインクジェットヘッドを提供する。

【構成】 基板上にインクを吐出させるための圧力を発生させる圧力発生手段と、該圧力発生手段と所定の間隔を隔て、インクを吐出させるノズルを有するノズルプレートと、を備えたインクジェットヘッドにおいて、前記圧力発生手段は、熱膨張により座屈変形を生じる座屈構造体と、該座屈構造体に沿って設けられたヒータ相からなり、前記座屈構造体の基板側と前記基板の座屈構造体側には、それぞれ交互に組み合わさる複数のフィンが形成され、該フィンは、少なくとも片側が常に狭い間隔で対向している。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に、インクを吐出させるための圧力を発生させる圧力発生手段と、該圧力発生手段と所定の間隔を隔て、インクを吐出させるノズルを有するノズルプレートと、を備えたインクジェットヘッドにおいて、

前記圧力発生手段は、熱膨張により座屈変形を生じる座屈構造体と、該座屈構造体に沿って設けられたヒータ層からなり、前記座屈構造体の基板側と前記基板の座屈構造体側には、それぞれ交互に組み合わさる複数のフィンが形成され、該フィンは、少なくとも片側が常に狭い間隔で対向していることを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項2】 基板上に、インクを吐出させるための圧力を発生させる圧力発生手段と、該圧力発生手段と所定の間隔を隔て、インクを吐出させるノズルを有するノズルプレートと、を備えたインクジェットヘッドにおいて、

前記圧力発生手段は、熱膨張により座屈変形を生じる座屈構造体と、該座屈構造体に沿って設けられたヒータ層からなり、前記圧力発生手段と前記ノズルプレートとの間には、前記圧力発生手段が座屈変形を生じた際にノズルプレートと接触するような所定の間隔を有することを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項3】 基板上に、インクを吐出させるための圧力を発生させる圧力発生手段と、該圧力発生手段と所定の間隔を隔て、インクを吐出させるノズルを有するノズルプレートと、を備えたインクジェットヘッドにおいて、

前記圧力発生手段は、熱膨張により座屈変形を生じる座屈構造体と、該座屈構造体に沿って設けられたヒータ層からなり、前記座屈構造体の基板側と前記基板の座屈構造体側には、それぞれ交互に組み合わさる複数のフィンが形成され、該フィンは、少なくとも片側が常に狭い間隔で対向し、前記圧力発生手段と前記ノズルプレートとの間には、前記圧力発生手段が座屈変形を生じた際にノズルプレートと接触するような所定の間隔を有することを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項4】 請求項1または請求項3に記載のインクジェットヘッドにおいて、前記座屈構造体側のフィンと前記基板側のフィンとは、互いに等間隔で噛み合っていることを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項5】 請求項1または請求項3に記載のインクジェットヘッドにおいて、前記フィンは、コーナーに丸みを持たせたことを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項6】 請求項1乃至請求項3に記載のインクジェットヘッドにおいて、座屈構造体上に一部が座屈構造体と連結されたダイヤフラムを有することを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項7】 請求項1乃至請求項3に記載のインクジ

2

ェットヘッドにおいて、圧力発生部材が座屈特性を有するダイヤフラムと、ダイヤフラムに沿って設けられたヒータ層により形成されることを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項8】 請求項2または請求項3に記載のインクジェットヘッドにおいて、前記ノズルプレートを形成する材質は、熱伝導率が 50 J (ms K)^{-1} 以上であることを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項9】 基板上に複数の第2のフィンを形成する工程と、該第2のフィンの表面に第1犠牲層を形成する工程と、該第1犠牲層上に第1のフィン形成する工程と、該第1のフィン上にメッキ法により座屈構造体となる第1金属層を形成する工程と、該第1金属層の上に第2犠牲層を形成する工程と、該第2犠牲層上にメッキ法によりダイヤフラムとなる金属層を形成する工程と、前記第1犠牲層と前記第2犠牲層をエッチングするための窓を前記基板に空ける工程と、該窓からエッチングを行い前記第1犠牲層と前記第2犠牲層を一括してエッチングし、前記第1のフィンと前記第2のフィン、及び前記座屈構造体と前記ダイヤフラムを分離する工程と、前記第2金属層をパターンニング加工して、所定の形状を持つダイヤフラムを形成する工程と、を有することを特徴とするインクジェットヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、内部に満たされたインク液に圧力を加え、内部から外部へインク液を吐出させるインクジェットヘッド及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来より記録液を吐出、飛翔させて記録を行うインクジェット記録方法が知られているが、該方法は低騒音で比較的高速印字が可能であること、装置の小型化やカラー記録が容易であること等数々の利点を有している。このようなインクジェット記録方法で用いられるインクジェットヘッドの形式としては、従来より幾つかの方式が用いられている。例えば、図16に示すように圧電素子に高電圧を印加して圧電素子に機械的な変形を生じさせ、この機械的な変位を用いてインク圧力室に圧力を発生させ、ノズルからインクを粒状にして吐出させる方式や、図17及び図18に示すようにキャピティ内部にヒータを設け、このヒータを急速に過熱することによりインクを沸騰させて泡を形成し、この泡の発生による圧力変化でインクをノズルから吐出させるいわゆるバブルジェット方式、また図19に示す特開平2-30543のように、温度変化により駆動する駆動体の変位を用いてインク圧力室に圧力を発生させ、これによりノズルからインクを粒状にして吐出させる方式がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上述の従来技術には以下のような問題点がある。

【0004】第1の圧電素子を用いた方式では、圧電素子の変形量を大きくするには各圧電素子を大きな膜厚で形成する必要がある。このため、圧電素子を機械的に加工してヘッドを形成するが、機械加工のためインク室の間隔をあまり小さくできず、結果的にインクを吐出させるノズルの間隔を小さくできない、という問題点がある。

【0005】第2のバブルジェット方式では、インクを沸騰させて泡を形成するにはヒータを瞬間的に1000℃の高温にする必要があり、このためヒータの劣化が避けられずヘッドの寿命が短い、という問題点がある。

【0006】第3の特開平2-30543の方式では、圧力発生部材は加熱により変位し、その後冷却されて元の形状に復帰する。つまり、圧縮力発生部材の変位と復帰とを連続的に繰り返すために圧縮力発生部材の加熱と冷却とが連続的に繰り返されるが、この冷却時において圧力発生部材が冷却されにくく、加熱、冷却による圧力発生部材の応答特性が良くないため高速印字に適さない、という問題点がある。

【0007】これらの問題点を鑑み本発明では、加熱及び冷却による良好な応答特性を有し、高速印字に適したインクジェットヘッドを提供することを目的とする。また、小さな寸法を維持したまま大きな吐出力を得ることのできる寿命の長いインクジェットヘッドを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載のインクジェットヘッドでは、基板上にインクを吐出させるための圧力を発生させる圧力発生手段と、該圧力発生手段と所定の間隔を隔て、インクを吐出させるノズルを有するノズルプレートと、を備えたインクジェットヘッドにおいて、前記圧力発生手段は、熱膨張により座屈変形を生じる座屈構造体と、該座屈構造体に沿って設けられたヒータ層からなり、前記座屈構造体の基板側と前記基板の座屈構造体側には、それぞれ交互に組み合わさる複数のフィンが形成され、該フィンは、少なくとも片側が常に狭い間隔で対向していることを特徴としている。

【0009】請求項2に記載のインクジェットヘッドでは、基板上にインクを吐出させるための圧力を発生させる圧力発生手段と、該圧力発生手段と所定の間隔を隔て、インクを吐出させるノズルを有するノズルプレートと、を備えたインクジェットヘッドにおいて、前記圧力発生手段は、熱膨張により座屈変形を生じる座屈構造体と、該座屈構造体に沿って設けられたヒータ層からなり、前記圧力発生手段と前記ノズルプレートとの間には、前記圧力発生手段が座屈変形を生じた際にノズルプレートと接触するような間隔を有することを特徴としている。

【0010】請求項3に記載のインクジェットヘッドでは、基板上にインクを吐出させるための圧力を発生させ

る圧力発生手段と、該圧力発生手段と所定の間隔を隔て、インクを吐出させるノズルを有するノズルプレートと、を備えたインクジェットヘッドにおいて、前記圧力発生手段は、熱膨張により座屈変形を生じる座屈構造体と、該座屈構造体に沿って設けられたヒータ層からなり、前記座屈構造体の基板側と前記基板の座屈構造体側には、それぞれ交互に組み合わさる複数のフィンが形成され、該フィンは、少なくとも片側が常に狭い間隔で対向し、前記圧力発生手段と前記ノズルプレートとの間には、前記圧力発生手段が座屈変形を生じた際にノズルプレートと接触するような間隔を有することを特徴としている。

【0011】請求項4に記載のインクジェットヘッドでは、請求項1または請求項3に記載のインクジェットヘッドにおいて、前記座屈構造体側のフィンと前記基板側のフィンとは、互いに等間隔で噛み合っていることを特徴としている。

【0012】請求項5に記載のインクジェットヘッドでは、請求項1または請求項3に記載のインクジェットヘッドにおいて、前記フィンは、コーナーに丸みを持たせたことを特徴としている。

【0013】請求項6に記載のインクジェットヘッドでは、請求項1乃至請求項3に記載のインクジェットヘッドにおいて、座屈構造体上に一部が座屈構造体と連結されたダイヤフラムを有することを特徴としている。

【0014】請求項7に記載のインクジェットヘッドでは、請求項1乃至請求項3に記載のインクジェットヘッドにおいて、圧力発生部材が座屈特性を有するダイヤフラムと、ダイヤフラムに沿って設けられたヒータ層により形成されることを特徴としている。

【0015】請求項8に記載のインクジェットヘッドでは、請求項2または請求項3に記載のインクジェットヘッドにおいて、前記ノズルプレートを形成する材質は、熱伝導率が 50 J (ms K)^{-1} 以上であることを特徴としている。

【0016】請求項9に記載のインクジェットヘッドの製造方法では、基板上に複数の第2のフィンを形成する工程と、該第2のフィンの表面に第1犠牲層を形成する工程と、該第1犠牲層上に第1のフィンを形成する工程と、該第1のフィン上にメッキ法により座屈構造体となる第1金属層を形成する工程と、該第1金属層の上に第2犠牲層を形成する工程と、該第2犠牲層上にメッキ法によりダイヤフラムとなる金属層を形成する工程と、前記第1犠牲層と前記第2犠牲層をエッチングするための窓を前記基板に空ける工程と、該窓からエッチングを行い前記第1犠牲層と前記第2犠牲層を一括してエッチングし、前記第1のフィンと前記第2のフィン、及び前記座屈構造体と前記ダイヤフラムを分離する工程と、前記第2金属層をパターンニング加工して、所定の形状を持つダイヤフラムを形成する工程と、を有することを特徴

としている。

【0017】

【作用】請求項1に記載のインクジェットヘッドでは、座屈構造体が最大変位に達し加熱を終了して冷却期間に入ると、座屈体及びヒータ層の熱は、フィンと基板を通してインク室外へ放出されるため、圧力発生部材の冷却速度が速くなる。

【0018】請求項2に記載のインクジェットヘッドでは、座屈構造体が最大変位に達し加熱を終了して冷却期間に入ると、座屈構造体及びヒータに発生した熱は、ダイヤフラムから間にインクを介する事なく直接ノズルプレートへ素早く流れるため冷却速度が速くなる。さらに座屈構造体の変形が基板側へ回復する直前は、座屈構造体上の第1絶縁膜と、基板上の第3絶縁膜の狭いギャップ部を通して基板へ素早く流れるため冷却速度が速くなる。

【0019】請求項3に記載のインクジェットヘッドでは、座屈構造体が最大変位に達し加熱を終了して冷却期間に入ると、座屈体及びヒータ層の熱は、フィンと基板を通してインク室外へ放出される。また一部は、ダイヤフラムから間にインクを介する事なく直接ノズルプレートへ素早く流れるため冷却速度が速くなる。特に座屈構造体側のフィンと基板側のフィンは、座屈構造体が最大変形から戻り始めてから待機状態に完全に戻るまで常に対向しており、その間隔は狭い間隔を維持したままなので放熱の効果は大きい。座屈構造体側のフィンと基板側のフィンが接触した場合は、さらに放熱速度が速くなり、圧力発生部材の冷却速度が速くなる。

【0020】請求項4に記載のインクジェットヘッドでは、フィンを通る熱の経路が増えるのでさらに放熱速度が速くなり、応答特性が良くなる。また座屈構造体側のフィンと基板側のフィンは接触するか、一定の間隔を維持したままなので、フィンが離れることが無い。

【0021】請求項5に記載のインクジェットヘッドでは、加熱、冷却を繰り返し、座屈構造体側のフィンが上下に振動する際、基板側のフィンの隙間をスムーズに振動することができる。

【0022】請求項6に記載のインクジェットヘッドでは、座屈構造体の裏側へのインクの回り込みが無くなり、インクの吐出速度を大きくすることができる。

【0023】請求項7に記載のインクジェットヘッドでは、座屈構造体がないためヘッドの製造プロセスが容易になる。

【0024】請求項8に記載のインクジェットヘッドでは、加熱を終了して冷却期間に入ると、圧力発生部材、特に座屈体およびヒータ層の熱は、上記ダイヤフラムとノズルプレートを通してインク室外へ放出されるため、圧力発生部材の冷却速度が速くなる。

【0025】請求項9に記載のインクジェットヘッドの製造方法によれば、上記圧力発生部材を半導体プロセス

によって作製できるので、インクジェットヘッドを小型に作製することができる。また、基板上の第1のフィンと座屈構造体上の第2のフィンの間隙と、圧力発生部材内の座屈構造体とダイヤフラムの間隙の2つの間隙を、第1犠牲層と第2犠牲層を連続的にエッチングして除去することにより、一括して形成できる。

【0026】

【実施例】以下、本発明のインクジェットヘッドおよびその製造方法を実施例により詳細に説明する。

【0027】図1は、本発明のインクジェットヘッドの待機状態における構成を概略的に示した断面図である。図2は、図1の座屈構造体1およびフィンの一部を拡大した断面図である。

【0028】まず図1を参照して、本発明のインクジェットヘッドは、座屈構造体1、第1絶縁膜2、ヒータ回路3、第2絶縁膜4、ダイヤフラム5、第3絶縁膜6、基板7、スペーサー8、筐体9、ノズルプレート10、ノズル11、第1フィン12、第2フィン13、電極14a、14b、電源15、およびインク供給口16より構成される。

【0029】座屈構造体1の基板側に第2絶縁膜4を介してヒータ回路3を形成しており、さらにヒータ回路3と基板7の絶縁性を確保するため、ヒータ回路3と基板7間に第1絶縁膜2を形成している。第1絶縁膜2の基板側には第1フィン12が多数形成されている。また、座屈構造体1のノズルプレート10側にはダイヤフラム5が形成され、座屈構造体1及びダイヤフラム5により圧力発生部材を構成している。基板7上にある第3絶縁膜6の座屈構造体1側には、上記第1フィンと噛み合うように第2フィン13が多数形成され、第1フィンと第2フィンは所定の間隔Gを隔てている。また第1絶縁膜2は、第3絶縁膜6上に形成された第1フィン12と所定の距離gを隔てている。

【0030】座屈構造体1の両端は、第3絶縁膜6を介して基板7の一方表面に固定されている。またダイヤフラム5は、周囲を基板7に固定されている。さらに基板7には、圧力発生部材とノズルプレート10の間にインクを供給するためのインク供給口16が形成されている。また座屈構造体1の両端部には電極14a、14bが形成されており、電極14aには電源15により電圧が印加可能である。また電極14bは接地状態とされている。

【0031】基板7の座屈構造体1が取り付けられた側には、スペーサー8を介してノズルプレート10が取り付けられている。ノズルプレート10にはノズル11が形成されている。座屈構造体1が取り付けられた側と反対側には筐体9が取り付けられている。座屈構造体1とダイヤフラム5の間、ダイヤフラム5とノズルプレート10の間、第1絶縁膜2と筐体9の間はインク17で満たされている。

【0032】座屈構造体1は、ニッケルなどの金属材料により構成され、各ノズルオリフィス11に対応するように設けられている。第2絶縁膜4及び第1絶縁膜2は、酸化シリコンあるいはアルミナなどの絶縁性材料より形成され、ヒータ回路3はニッケルあるいはニッケルクロム合金などの抵抗の高い材料より形成されている。ダイヤフラム5はニッケルなどの延性材料より形成され、基板7はシリコンあるいはガラスなどにより構成されている。

【0033】ノズルプレート10は、厚さ0.2mmあるいはそれ以下のガラス、プラスチックシート、あるいはニッケル等の金属材料により構成されている。ノズルプレート10にはノズルプレート10を貫通し、かつ一定方向に配列された複数のノズル11が円錐場または漏斗状に形成されている。またノズルプレート10は、ダイヤフラムが変形した際にノズルプレートと接触するよう予め円錐状に形成されている。

【0034】スペーサー8は、ポリイミドあるいはアクリル系の感光性接着剤などの絶縁性材料より形成されている。またノズルプレート10とダイヤフラム5の間に

【0035】次に図3は、本発明のインクジェットヘッドの動作状態における概略的な構成を示す断面図である。図4は、図3の座屈構造体1及びフィンの一部を拡大した断面図である。このインクジェットヘッドの動作においては、まず図1のごとくインクの供給口16を通じてインク17が供給され、ダイヤフラム5はインク17に浸された状態となる。この後、電極14aに電源15により電圧が印加される。これによりヒータ3には電流が流れ、ヒータ3の抵抗発熱により座屈構造体1は加熱され長手方向に伸びようとする。しかしながら、座屈構造体1の長手方向の両端部は基板7に固定されており、座屈構造体1はその長手方向に伸びることができない。それゆえ座屈構造体1にはその反力として圧縮力 P_0 が発生し、蓄積される。この圧縮力 P_0 が座屈荷重をこえると座屈構造体1は、図3に示すように座屈変形を起こす。

【0036】座屈構造体1の変形は、図3に示すように座屈構造体1の中央部がノズルプレート10側へ変形する。この時、座屈構造体1に連結しているダイヤフラム5もノズルプレート10側へ変形する。このためインク17がノズル11を通じて外部へ押し出され、インクジェットヘッドの外部にインク滴が形成される。このインク滴の噴出によりプリント面への印字が行われる。

【0037】次に電極14a、14bの電流を断ち、座屈構造体1が冷却されれば待機状態へ戻る(図1)。この時、座屈構造体1およびヒータ3の熱は第1フィン12、第2フィン13及び基板7を伝わって放出される。また、座屈構造体1及びヒータ3の熱は、ダイヤフラム5とノズルプレート10を伝わって放出される。従って

座屈構造体1は速やかに冷却され、待機状態に戻ることができる。

【0038】図5は、本発明のインクジェットヘッドの構成を概略的に示す分解斜視図である。また図6は、図5の座屈構造体部の詳細図であり、座屈構造体1、第2絶縁膜4、ヒータ層3、第1絶縁膜4から形成される。なお、座屈構造体1の表面及び基板7の表面には前記フィン12、13を形成しているが、図5及び図6では図示していない。

【0039】・実施例1

本実施例におけるインクジェットヘッドは、ダイヤフラム5が変形した際ノズルプレート10とダイヤフラムとが接触しないよう、図7のごとくノズルプレート10とダイヤフラム5の間に30 μ mの間隙Hを設けた構造である。図8は、図7の座屈構造体及びフィンの一部を拡大したものであり、第1フィン12と第2フィン13は互いに等間隔で噛み合うように構成している。

【0040】また、図9及び図10は、前記インクジェットヘッドにおいて、第1フィン12及び第2フィン13が片側のみ対向するような構成としたものである。

【0041】図5、図6に示した座屈構造体1の各辺 m_0 の長さ(十字部 m_0 のうち中央の交差部を含まない)Mは250 μ m、幅Wは92 μ m、厚さTは5 μ mとした。また図5、図6では座屈構造体1の辺 m_0 の数(座屈部分の本数)は4本であるが、このシミュレーションでは放射状に8本存在するものとして行った。ダイヤフラムの直径Eは800 μ m、ヒータ3の厚さは0.1 μ m、第1絶縁膜2の厚さは0.3 μ m、第2絶縁膜4の厚さは0.5 μ mとした。

【0042】第1フィン12及び第2フィン13の長さLは座屈構造体1の中央部の変形量の1.2倍とし、ここでは10 μ mとした。また第1フィン12と第2フィン13の間隙Gは0.1~1.0 μ m、座屈構造体1上の第1絶縁膜2と第3絶縁膜6の上に形成した第1フィン12との間隙gは0.5 μ mとした。

【0043】このインクジェットヘッドを用いて熱伝導特性のシミュレーションを行った。座屈構造体1の温度上昇は100degとし、立ち上がり応答速度(t_r)、立ち下がり応答速度(t_d)及び消費電力を計算した。ここで、立ち上がり応答速度(t_r)は座屈構造体1が100deg温度上昇する時間、立ち下がり応答速度(t_d)は座屈構造体1が上昇した温度から座屈温度(40deg)へ降下する時間である。なお、温度上昇を100degとしたのは、別のエネルギー計算でインク滴が吐出するのに必要なエネルギーをインク滴の“運動エネルギー+表面エネルギー”の十倍として設定したためである。

【0044】まず、図7のごとく第1フィン12と第2フィン13が等間隔で噛み合うような構造とし、その間隙Gを0.1 μ mとしてシミュレーションを行った。座

座屈構造体1の単位体積当たりの消費エネルギーは $6.4 \times 10^8 \text{ J/m}^3$ 、消費電力は $4 \times 10^{13} \text{ W/m}^3$ 、パルス幅は $16 \mu\text{s}$ として座屈構造体1を駆動させた。

【0045】図11(a)は、上記の条件で座屈構造体1を駆動させた場合の駆動波形であり、図11(b)は、その時の座屈構造体の上昇温度と時間との関係を計算した結果を表すグラフである。この図11(b)の上昇温度カーブから応答速度を計算すると、立ち上がり応答速度(t_r)は $16 \mu\text{s}$ 、立ち下がり応答速度(t_d)は $114 \mu\text{s}$ となり、この結果周波数応答が 7.7 kHz での駆動が可能になる。これに対して第1フィン、第2フィンとも無い場合は、立ち上がり応答速度(t_r)は $14 \mu\text{s}$ 、立ち下がり応答速度(t_d)は $170 \mu\text{s}$ であり、周波数応答は 5.4 kHz であったので、周波数応答が著しく速くなったことがわかる。

【0046】周波数応答が速くなったのは、主に立ち下がり応答が速くなったためである。すなわち、座屈構造体1及びヒータ3の熱は第2フィン13、ギャップ部のインク17、第1フィン12を通してインク室外へ放出される。特に第1フィンと第2フィンの間隙Gは座屈構造体1が変形し始めてから最大変位に到達するまで変わらないので放熱の効果は大きい。したがって、圧力発生部材の冷却速度が速くなり、この結果応答特性が良くなり、高速印字が可能となるのである。

【0047】図12は、第1フィン12と第2フィン13が片側のみ対向する構造のインクジェットヘッドの立ち上がり応答速度(t_r : $-\bigcirc-$ 印)及び立ち下がり応答速度(t_d : $-\triangle-$ 印)のフィン間隙G依存性、及び第1フィン12、第2フィン13が等間隔 $0.1 \mu\text{m}$ で噛み合った構造の立ち上がり応答速度(t_r : $-\square-$ 印)及び立ち下がり応答速度(t_d : $-\nabla-$ 印)を示したものである。また第1フィン、第2フィンとも無い場合の立ち上がり応答速度(t_r : $-\bullet-$ 印)及び立ち下がり応答速度(t_d : $-\blacktriangle-$ 印)も同時に示している。

【0048】図12より、立ち上がり応答速度は間隙Gの影響をあまり受けていないことがわかる。これに対して立ち下がり応答速度は間隙Gが狭いほど速くなる。これは熱伝導率の低いインク層が薄く、第2フィン13から第1フィン12へ熱が速やかに流れるためである。第1フィンと第2フィンの間隙Gは狭いほうが応答速度は速く、 $0.2 \mu\text{m}$ 以下であればより好ましい。

【0049】本実施例では、座屈構造体の上にダイヤフラムを形成した構造でシミュレーションを行ったが、フィンをつけた効果はダイヤフラムがある場合に限定されるものではなく、ダイヤフラムが無い場合や、上記座屈構造体が無くダイヤフラムが直接座屈する構造の場合も同様の効果を示す。

【0050】またフィンの形状をコーナーに丸みを持たせた形状とすることにより、加熱、冷却によって座屈構造体側のフィンが上下に移動する際、基板側のフィンの

隙間をスムーズに移動することができるので、インクジェットヘッドの信頼性と耐久性が向上する。

【0051】また、上記ノズルプレートの材質はシリコンに限定されるものではなく、熱伝導率が 50 J/(ms K)^{-1} 以上のものであればどんな材質でも良い。さらに、上記インク層17の物質はインクに限定されるものではなく、他の液体あるいはゾル状の物質でも熱伝導率が $0.5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 以上であれば良い。

【0052】実施例2

本実施例におけるインクジェットヘッドを図13及び図14に示す。本実施例ではノズルプレート10の材料をニッケルとし、ノズルプレート10はダイヤフラム5が変形した際、ダイヤフラム5と接触するように形成されている。第1フィン及び第2フィンはなく、座屈構造体1上の第1絶縁膜2と基板7上の第3絶縁膜6を間隔 $0.5 \mu\text{m}$ を隔てて配置した構造である。座屈構造体1の本数、寸法、ダイヤフラム5の直径、ヒータ層3の厚さ、第1絶縁膜2の厚さ及び第2絶縁膜4の厚さは全て実施例1と同じである。

【0053】このインクジェットヘッドを用いて熱伝導特性のシミュレーションを行った。実施例1と同様に座屈構造体1の温度上昇を 100 deg とし、立ち上がり応答速度(t_r)、立ち下がり応答速度(t_d)および消費電力を計算した。このとき座屈構造体1の単位体積当たりの消費エネルギーを $6.0 \times 10^8 \text{ J/m}^3$ 、消費電力を $4 \times 10^{13} \text{ W/m}^3$ 、パルス幅を $15 \mu\text{s}$ として座屈構造体1を駆動させた。

【0054】図12に、シミュレーションで得られた立ち上がり応答速度(t_r : $-\blacksquare-$ 印)及び立ち下がり応答速度(t_d : $-\star-$ 印)を、ダイヤフラム5が変形した際、ノズルプレート10がダイヤフラム5と接触しない場合(●印、▲印)と比較して示す。

【0055】立ち上がり応答速度は $15 \mu\text{s}$ であり、ダイヤフラム5が変形した際、ノズルプレート10がダイヤフラム5と接触しない場合と比較してもあまり影響が見られない。立ち下がり応答速度は、ノズルプレート10とダイヤフラム5とが接触した場合は $39 \mu\text{s}$ であり、接触しない場合と比較すると著しく速くなる。また周波数応答は 18 kHz に向上する。

【0056】このように立ち下がり応答が速くなったのは、座屈構造体1が最大変位に達したとき、座屈構造体1およびヒータ3に発生した熱がダイヤフラム5から間にインクを介する事なく、直接ノズルプレート10へ素早く流れるためである。さらに座屈構造体1の変形が基板7側へ回復した場合には、座屈構造体1上の第1絶縁膜2と基板7上の第3絶縁膜6との間の狭いギャップ部を通して基板7へ素早く流れるため圧力発生部材の冷却速度が速くなる。この結果、応答特性が良くなり、高速印字が可能となるのである。

【0057】・実施例3

本実施例ではノズルプレート10の材料をニッケルとし、ダイヤフラムが変形した際、図3のごとくノズルプレート10とダイヤフラムとが接触する構成としている。また第1フィン12と第2フィン13とが等間隔で噛み合う構造とし、その間隙Gは0.1 μ mにした。座屈構造体1の本数、寸法、ダイヤフラム5の直径、ヒータ3の厚さ、第1絶縁膜2の厚さ、第2絶縁膜4の厚さは全て実施例1と同じである。

【0058】このインクジェットヘッドを用いて熱伝導特性のシミュレーションを行った。実施例1と同様に座屈構造体1の温度上昇を100degとし、立ち上がり応答速度(t_r)、立ち下がり応答速度(t_d)及び消費電力を計算した。このとき座屈構造体1の単位体積当たりの消費エネルギーは6.0 $\times 10^8$ J/m³、消費電力は4 $\times 10^{13}$ W/m³、パルス幅は15 μ sとして座屈構造体1を駆動させた。

【0059】図12に立ち上がり応答速度(t_r : \times 印)及び立ち下がり応答速度(t_d : \blacktriangledown 印)の測定結果を示す。立ち上がり応答速度は16 μ sであり、実施例1のフィンをつけてノズルプレート10とダイヤフラム5が接触しない場合、及び実施例2のフィンが無くノズルプレート10とダイヤフラム5が接触する場合と比較してもあまり影響を受けていない。立ち下がり応答速度は36 μ sであり、実施例1及び実施例2の場合と比較すると特に速くなっている。このときの周波数応答は19kHzに向上する。

【0060】このように立ち下がり応答が速くなったのは、座屈構造体1及びヒータ3に発生した熱が、第2フィン13、ギャップ部のインク17、第1フィン12、基板7を通してインク室外へ放出される第1の経路と、ダイヤフラム5からノズルプレート10へ流れる第2の経路の両方を有効に流れるためである。また、第1フィンと第2フィンの間隔Gは、座屈構造体1が変形し始めてから最大変位に到達するまで変わらないので放熱の効果は大きい。したがって、圧力発生部材の冷却速度が速くなり、この結果、応答特性が良くなり高速印字が可能となる。

【0061】座屈構造体の材料はニッケルに限定されるものではなく、ヤング率及び線膨張係数が大きく、成膜が容易なものであればよい。また座屈構造体の大きさ、座屈構造体1の本数、ダイヤフラムの直径E、ヒータの厚さなどは実施例1に記載の数値に限定されるものではなく、集積度を損なわず、必要なエネルギーが出せる大きさでプロセスが可能なものであればよい。

【0062】第1絶縁膜、第2絶縁膜、第3絶縁膜には二酸化シリコン膜を使用した。この代わりにアルミナを使用すると二酸化シリコン膜より熱伝導率が高いので、座屈構造体3の冷却速度が速くなり周波数特性が向上する。この絶縁性部材の膜厚は絶縁性の確保のために厚いほうがよいが、熱の伝導のためには薄いほうがよ

く、膜厚は0.1 \sim 1 μ m程度が望ましい。

【0063】座屈構造体3は、ノズルプレート側に曲がるように座屈構造体3は基板側に線膨張係数の小さい厚さ0.01 μ mのタンタル、ノズルプレート側に線膨張係数の大きい厚さ6 μ mのニッケルの2層構造になっている。同様に座屈構造体3がノズルプレート側に曲がるように、基板からの放熱効果により基板側はノズルプレート側より温度が低くなっている。

【0064】・製造方法

次に、本発明のインクジェットヘッドに係る圧力発生部材の製造方法について、図15を用いて工程順に説明する。なお、用いる物質、膜厚等はこれに限定されるものではない。

【0065】まず図15(a)に示すように、面方位(100)のシリコン基板100の表裏両面に、熱酸化膜110を所定の厚さ(例えば1 μ m)に形成する。

【0066】次に、裏面にフォトリソistを塗布し(図示しない)、形成すべきインク循環口の形状に対応したパターニングを行い、CHF₃にて熱酸化膜110のエッチングを行う。続いてこのシリコン基板を水酸化カリウム溶液に浸すとエッチング速度の違い(111)面が残し、レジストを剥離すると図15(b)のごとくインク循環口18が一部作成される。

【0067】表面に0.01 μ mの厚さのタンタル及び0.01 μ mの厚さのニッケルをスパッター法で成膜し(図示せず)、この上にフォトリソist120を塗布し、形成すべき第1フィンの形状に対応したパターニングを行ってレジストを剥離し、図15(c)を得る。タンタルは、熱酸化膜110とニッケルの密着性を上げるために成膜する。

【0068】前記ニッケル膜を電極にして電解メッキ法により所定の厚さ(例えば10 μ m)のニッケルメッキを行い、その後前記フォトリソist120を剥離して図15(d)のごとく第1フィン130を形成する。電解メッキには、例えばスルファミン酸ニッケル浴によるニッケルメッキを用いることができる。

【0069】図15(e)に示すように、第1フィン130表面に第1犠牲層となる厚さ0.1 μ mのアルミニウム140をスパッタ法、あるいは真空蒸着法で成膜する。この時、各第1フィン130の底、あるいは側面全体にアルミニウム140が成膜されるように基板を傾けながら成膜する。続いてこの上にフォトリソist150を塗布し、形成すべき第2フィンの形状に対応したパターニングを行う。

【0070】前記アルミニウム140を電極にして、図15(f)に示すごとく電解メッキ法を用いて前記第1フィンの溝が埋まるまでニッケルメッキを行う。これで第2フィン160が形成される。電解メッキには例えばスルファミン酸ニッケル浴によるニッケルメッキを用いることができる。

【0071】前記フォトレジスト150を剥離して、図15(g)のごとく表面に厚さ0.5 μ mの酸化シリコン170をスパッター法で成膜し、第1絶縁膜を形成する。

【0072】表面に厚さ0.01 μ mのタンタル及び厚さ0.1 μ mのニッケルをスパッタ法で成膜し、この上にフォトレジストを塗布し、形成すべきヒータ180の形状に対応したパターニングを行いレジストを剥離する(図示せず)。タンタルは、酸化シリコン170とニッケルの密着力を上げるために成膜する。この上に厚さ0.3 μ mの酸化シリコン190をスパッタ法で成膜し、第2絶縁膜を形成して図15(h)を得る。

【0073】表面に厚さ0.01 μ mのタンタル及び厚さ0.1 μ mのニッケルをスパッター法で成膜し、この上にフォトレジストを塗布し、形成すべき座屈構造体の形状に対応したパターニングを行う(図示せず)。次に図15(i)のごとく、前記ニッケル膜を電極にして電解メッキ法により所定の厚さ(例えば5 μ m)のニッケルメッキ200を行う。電解メッキには、例えばスルファミン酸ニッケル浴によるニッケルメッキを用いることができる。

【0074】前記フォトレジストを剥離し、表面に第2犠牲層となる厚さ0.5 μ mのアルミニウム210をスパッター法で成膜し、この上にフォトレジストを塗布して(図示せず)、形成すべき座屈構造体とダイヤフラムとの間隙に対応したパターニングを行い、レジストを剥離して図15(j)を得る。この第2犠牲層の厚さでダイヤフラムと座屈構造体との間隔が決まる。

【0075】厚さ0.01 μ mのタンタル及び厚さ0.1 μ mのニッケルをスパッター法で成膜し(図示しない)、これを電極にして図15(k)のごとく、電解メッキ法により所定の厚さ(例えば4 μ m)のニッケルメッキ220を行う。電解メッキには、例えばスルファミン酸ニッケル浴によるニッケルメッキを用いることができる。タンタルは、ニッケル200とニッケル220の密着力を上げるために成膜する。

【0076】前記の状態のシリコン基板100を水酸化カリウム溶液に浸すと、エッチング速度の遅い(11)面が残り、図15(l)に示すインク循環口18が完成する。

【0077】さらにこの状態のシリコン基板100をフッ酸溶液に浸すと、シリコン基板100に覆われていない部分の熱酸化膜110がエッチングされ図15(m)の状態になる。

【0078】この状態のシリコン基板100を水酸化カリウム溶液に浸すと、図15(n)のごとく第1犠牲層のアルミニウム140がエッチングされ、座屈構造体が基板から分離される。また同時に、第2犠牲層のアルミニウム210もエッチングされ、ダイヤフラムが座屈構造体から分離される。次に表面にフォトレジストを塗布

し、形成すべきダイヤフラムの形状に対応したパターニングを行い(図示しない)、フォトレジストを剥離して圧力発生器が完成する。

【0079】最後に、図1、図3、図5に示すようなノズルプレート10、圧力室及びインク供給口16を形成したスペーサー8、圧力発生器、筐体9を接合してインクジェットヘッドが完成する。

【0080】

【発明の効果】請求項1に記載のインクジェットヘッドでは、座屈構造体が最大変位に達し加熱を終了して冷却期間に入ると、座屈体及びヒータ層の熱は上記フィンと基板を通してをインク室外へ放出される。従って、圧力発生部材の冷却速度が速くなる。この結果、応答特性が良くなり、高速印字が可能となる。

【0081】請求項2に記載のインクジェットヘッドでは、座屈構造体が最大変位に達し加熱を終了して冷却期間に入ると、座屈構造体及びヒータに発生した熱はダイヤフラムからインクを介する事なく直接ノズルプレートへ素早く流れるため冷却速度が速くなる。さらに座屈構造体の変形が基板側へ回復する直前は、座屈構造体上の第1絶縁膜と基板側の第3絶縁膜との間の狭いギャップ部を通して基板へ素早く流れるため冷却速度が速くなり、圧力発生部材の冷却速度が速くなる。この結果、応答特性が良くなり、高速印字が可能となる。

【0082】請求項3に記載のインクジェットヘッドでは、座屈構造体が最大変位に達し加熱を終了して冷却期間に入ると、座屈構造体及びヒータ層の熱はフィンと基板を通してインク室外へ放出される。また、一部はダイヤフラムからインクを介する事なく直接ノズルプレートへ素早く流れるため、さらに冷却速度が速くなる。特に、座屈構造体側のフィンと基板側のフィンは、座屈構造体が最大変形から戻り始めてから待機状態に完全に戻るまで常に対向し、狭い間隔を維持したままなので放熱の効果は大きい。座屈構造体側のフィンと基板側のフィンが接触した場合は、さらに放熱速度が速くなる。従って、圧力発生部材の冷却速度が速くなる。この結果、応答特性が良くなり、高速印字が可能となる。

【0083】請求項4に記載のインクジェットヘッドでは、フィンを通る熱の経路が増えるのでさらに放熱速度が大きくなり応答特性が良くなるので、高速印字が可能となる。また、座屈構造体側のフィンと基板側のフィンは接触するか一定の間隔を維持したままなのでフィンが離れることはなく、インクジェットヘッドの信頼性と耐久性が向上できる。

【0084】請求項5に記載のインクジェットヘッドでは、加熱、冷却を繰り返すことによって座屈構造体側のフィンが上下に移動する際、基板側のフィンの隙間をスムーズに移動できるので、インクジェットヘッドの信頼性と耐久性が向上する。

【0085】請求項6に記載のインクジェットヘッドで

は、座屈構造体上のダイヤフラムによって座屈構造体の裏側へのインクの回り込みがなく、インクの吐出速度を大きくできるので、ヘッドとプリント用紙とのギャップの設計が容易になるとともに、印刷品位を向上することができる。

【0086】請求項7に記載のインクジェットヘッドでは、ダイヤフラム自体が座屈する構造とし座屈構造体を必要としないため、ヘッドの製造プロセスが容易になり、低コスト化を可能とする。

【0087】請求項8に記載のインクジェットヘッドでは、加熱終了後の冷却期間において、圧力発生部材、特に座屈体及びヒータ層の熱をダイヤフラムとノズルプレートを通してインク室外へ速やかに放出できる。したがって、圧力発生部材の冷却速度が速くなるので応答特性が良くなり、高速印字が可能となる。

【0088】請求項9に記載のインクジェットヘッドの製造方法によれば、本発明のインクジェットヘッドに係る圧力発生部材を半導体プロセスによって製造できるので、インクジェットヘッドを小型に作製することができる。また、基板上の第1フィンと座屈体構造上の第2フィンとの間の間隙と、圧力発生部材内の座屈構造体とダイヤフラムとの間の間隙とを、第1犠牲層と第2犠牲層を連続的にエッチングして除去することにより一括して形成できる。したがって、作製工程を簡単にすることができ、しかも上記2つの間隙を、第1犠牲層及び第2犠牲層のそれぞれの厚さに応じて形成しているため、各間隙の距離を精度よく設定できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のインクジェットヘッドの構造を表す図である。

【図2】図1の一部を拡大した図である。

【図3】図1のインクジェットヘッドの駆動した状態を表す図である。

【図4】図3の一部を拡大した図である。

【図5】本発明のインクジェットヘッドの分解斜視図である。

【図6】図5の座屈構造体1をさらに分解して表す図である。

【図7】本発明のインクジェットヘッドの別の実施例を表す図である。

【図8】図7の一部を拡大した図である。

【図9】図7の実施例においてフィンが片側のみ対向する対向する場合を表す図である。

【図10】図9の一部を拡大した図である。

【図11】座屈構造体の駆動波形、及び時間と上昇温度との関係を表す図である。

【図12】インクジェットヘッドの応答速度、及びフィンのギャップと応答速度との関係を表す図である。

【図13】本発明のインクジェットヘッドのさらに別の実施例を表す図である。

【図14】図13の一部を拡大した図である。

【図15】本発明のインクジェットヘッドの製造方法を説明する図である。

【図16】従来のインクジェットヘッドの構造を表す図である。

【図17】従来のインクジェットヘッドの構造を表す図である。

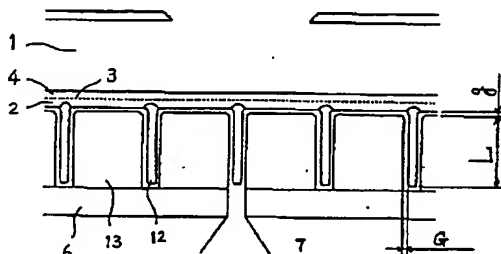
【図18】従来のインクジェットヘッドの構造を表す図である。

【図19】従来のインクジェットヘッドの構造を表す図である。

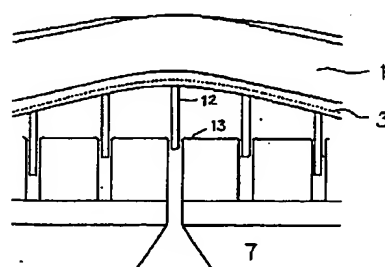
【符号の説明】

- 1 座屈構造体
- 2 第1絶縁膜
- 3 ヒータ層
- 4 第2絶縁層
- 5 ダイヤフラム
- 6 第3絶縁層
- 7 基板
- 10 ノズルプレート
- 11 ノズル
- 12 第1フィン
- 13 第2フィン
- 16 インク供給口
- 17 インク

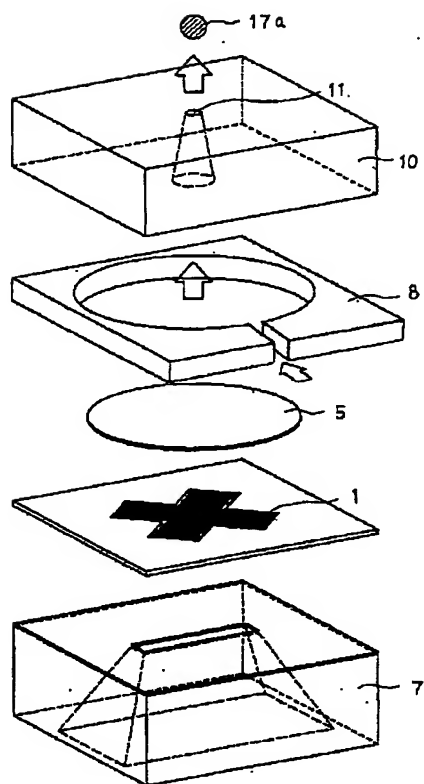
【図2】



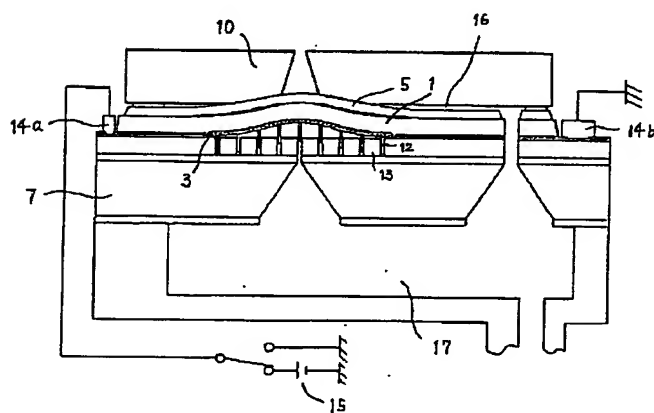
【図4】



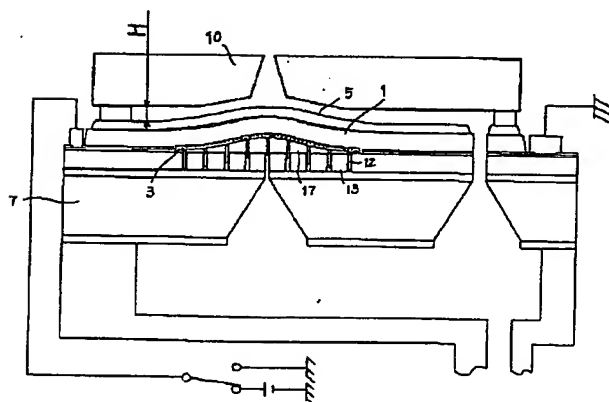
【图 5】



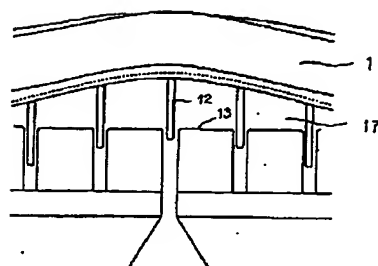
【图 3】



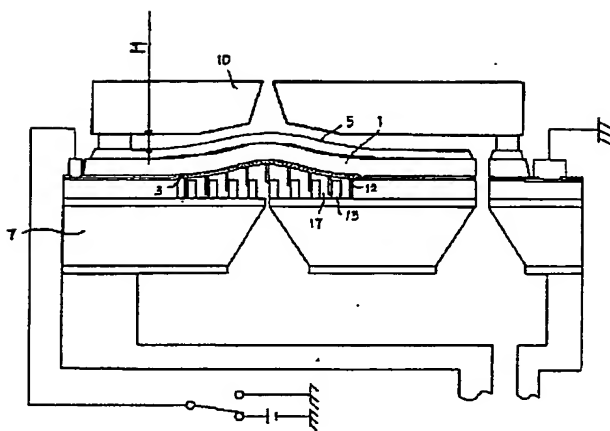
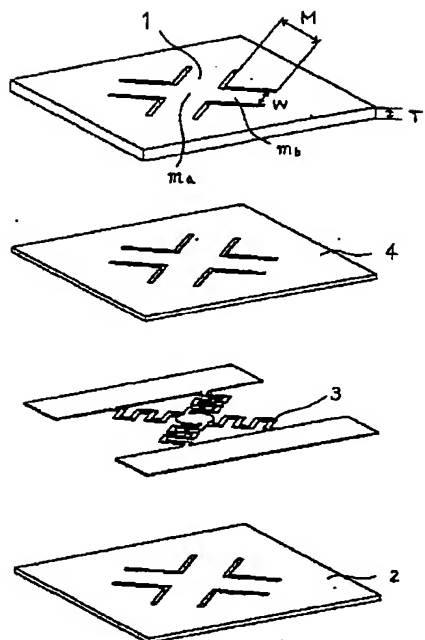
【图7】



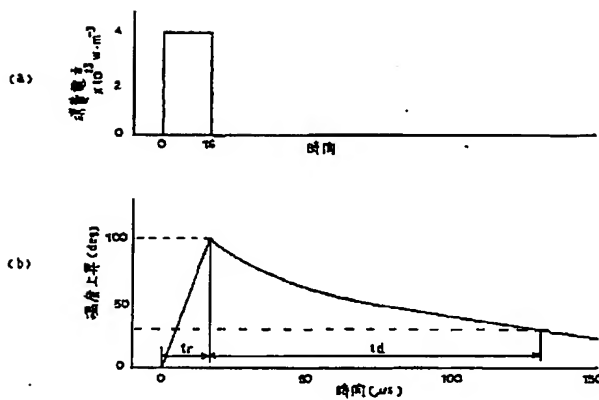
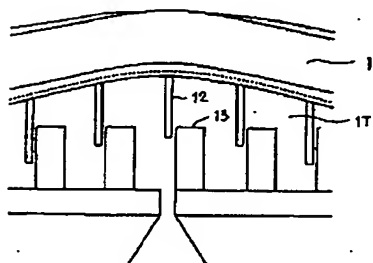
【图 8】



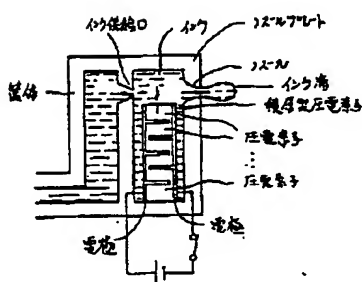
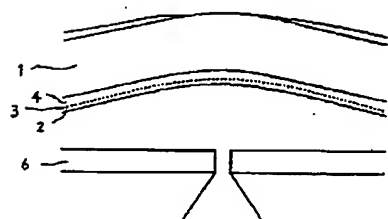
【图9】



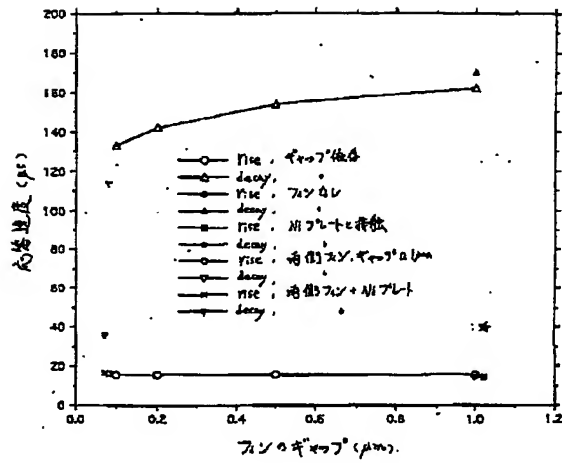
【图 1 1】



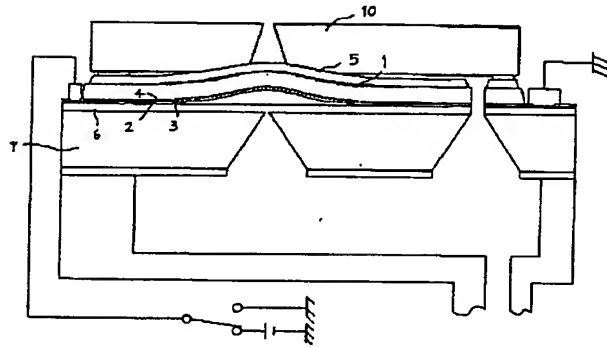
【图 16】



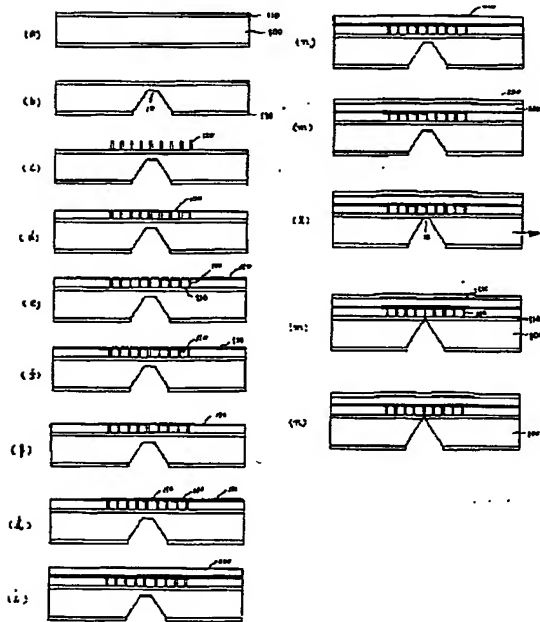
【図12】



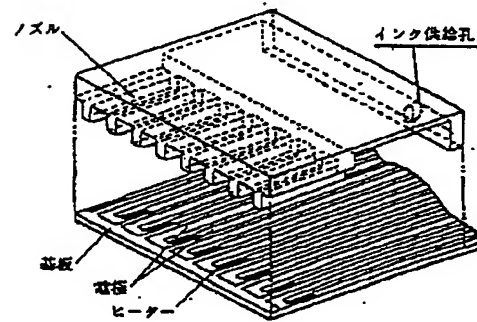
【図13】



【図15】

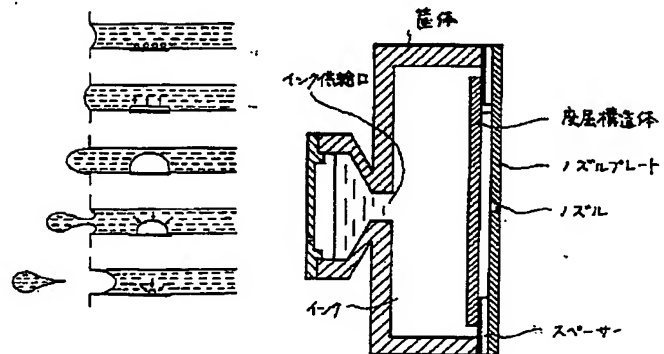


【図17】



【図18】

【図19】



フロントページの続き

(72)発明者 石井 頼成
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内
(72)発明者 阿部 新吾
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(72)発明者 木村 正治
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内
(72)発明者 堀中 大
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内
(72)発明者 恩田 裕
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

THIS PAGE BLANK (USPTO)